

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Страполовой В. Н. «Разработка терморегулирующего покрытия, содержащего наночастицы оксидов металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (химия и химическая технология).

Наблюдающиеся в мире в последние несколько лет существенные изменения в подходе к освоению космоса, в частности, развитие большого числа коммерческих проектов, связанных с телекоммуникационными технологиями, дистанционным зондированием Земли, навигацией и космическим туризмом предъявляют совершенно новые требования к технологиям создания космических аппаратов. Современные космические технологии также, как и ранее обязаны обеспечивать высокие эксплуатационные характеристики создаваемых материалов, приборов и систем, и при этом быть масштабируемыми, устойчивыми и высокорентабельными.

Для корректной работы современная электронная компонентная база требует соблюдения температурных режимов эксплуатации в строго заданном температурном интервале. Применение терморегулирующих покрытий позволяет успешно обеспечивать требуемый тепловой режим. Использование наноструктур при разработке терморегулирующих покрытий в свою очередь позволяет контролируемо изменять функциональные свойства материалов, практически не меняя масса-габаритные характеристики. Исходя из вышесказанного, разработка химических подходов, позволяющих воспроизводимо и технологично получать наноматериалы с высокими функциональными характеристиками несомненно имеет высокую важность и **актуальность.**

В данной работе автор решает очень сложную практически важную задачу по разработке терморегулирующего покрытия, которое должно сочетать в себе целый ряд свойств как функциональных, так и эксплуатационных. Как правило, для решения данной задачи терморегулирующие покрытия представляют собой сложные композиции, каждый из компонентов которых обеспечивает то или иное целевое свойство покрытия. Проблемным моментом в этом случае является то, что каждый из компонентов в действительности оказывает влияние не только на «целевые» для себя характеристики, так, например, увеличение содержания компонента, повышающего коэффициент поглощения, может приводить к снижению адгезии или изменению коэффициента теплового излучения покрытия. Именно по этой причине решаемая автором многопараметрическая задача представляет научный и практический интерес.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- автором использованы наночастицы смешанного оксида железа для разработки терморегулирующего покрытия на алюминиевом сплаве АМг6, с улучшенными на 40% значениями адгезии и прочности. Новизна предложенных при разработке подходов подтверждается тремя патентами РФ на изобретения;
- оксид цинка в виде частиц с одномерными структурными элементами (стержнеобразных и цветочноподобных) успешно применен для создания покрытий с коэффициентом поглощения солнечного излучения более 0,98, коэффициентом теплового излучения 0,97. Хотя в литературе и описан пример применения одномерных частиц оксида цинка для получения композитных покрытий, значение коэффициента теплового излучения для описанных материалов не превышает 0,84;
- впервые с применением частиц оксида цинка в виде цветочноподобных структур получено покрытие с коэффициентом яркости достигающим 1%.

Достоверность результатов работы достигается использованием в работе комплекса взаимодополняющих физико-химических методов исследования.

Особенно стоит отметить высокую **практическую значимость** диссертационной работы. Автором не только проведены разработка составов покрытий и их исследования, но и разработаны ТУ 2313-732-56897835-2016 и ТИ № 932.2517300.01974 для изготовления терморегулирующих покрытий класса «истинный поглотитель» с коэффициентом яркости покрытия менее 1%. Кроме того, результаты работы уже нашли практическое применение при производстве оптических блоков звездных датчиков (АО «НПП «Геофизика-Космос») и излучателей (ООО НПЛ «Метропир»). Очевидно, что без решения вопроса технологичности и воспроизводимости применяемых методов синтеза компонентов и формирования покрытий достижение такой востребованности результатов работы было бы невозможно.

Работа имеет классическую структуру. **Во введении** обоснована актуальность выбранного направления исследований, сформулирована цель работы, задачи, её научная и практическая значимость.

В первой главе посвященной обзору литературных источников автором рассмотрены типы терморегулирующих покрытий, составы описанных в литературе терморегулирующих покрытий, пигментов, а также способы их нанесения. На основе данных открытых источников обсуждается современный уровень исследования и разработок терморегулирующих покрытий с использованием наночастиц. Проведено обоснование объектов исследования диссертационной работы.

Вторая глава посвящена описанию синтетических и измерительных методик, использованных в работе для получения наночастиц оксидов, и исследования их свойств, исследования покрытий на их основе.

Третья глава посвящена разработке рецептур терморегулирующих покрытий и результатам их исследований физико-химическими методами

анализа. Достаточно подробно автором проведены испытания по устойчивости покрытий к воздействиям факторов космического пространства. Наконец, проведено сравнение полученных результатов с мировыми аналогами.

Результаты работы представлены в двух статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций, трёх патентах РФ на изобретения и целом ряде профильных Всероссийских и международных научных конференций.

Автореферат соответствует диссертации, публикации достаточно полно отражают её содержание.

По работе имеется ряд замечаний:

- 1) К сожалению, во введении автор не формулирует положения, выносимые на защиту.
- 2) На стр. 82 автор делает заключение об отсутствии влияния размера наночастиц на оптические свойства покрытий. Данный вывод не выглядит корректным, так как, во-первых, автор не приводит сравнение оптических свойств покрытий для образцов с наночастицами различного размера одного и того же химического состава, во-вторых, на рис. 3.4 коэффициент поглощения солнечного излучения для сравниваемых образцов в широком диапазоне толщин покрытия различается на величину порядка 0,05, однако, поскольку доверительный интервал приведенных значений не указан, оценка значимости данных отличий затруднительна.
- 3) Автор наблюдает двукратное увеличение адгезии к алюминиевому сплаву АМг6 покрытия при введении наночастиц оксида железа (II, III) в раствор сополимера (с.87). По мнению автора, что могло бы быть причиной такого значительного роста адгезии?

- 4) На с. 121 автор приводит зависимости коэффициентов поглощения солнечного излучения от флюенса протонов, при этом для двух образцов содержащих 25 нм наночастицы смешанного оксида железа (II, III) наблюдается рост коэффициента поглощения солнечного излучения. Встречалось ли автору подобное поведение материалов в литературе и в чём может быть его причина?
- 5) В пункте 3 выводов автор пишет, что в результате работы разработан метод получения частиц смешанного оксида железа (II,III), однако в работе речь идёт о модификации методики синтеза известного метода старения (с.83). Кроме того, при описании данной методики, автор ссылается на работу своих коллег по лаборатории (№144 списка литературы), в результате не понятно в чём непосредственно заключалось отличие методики из упомянутого источника и методики разработанной автором.
- 6) В целом стоит отметить, что работа носит зачастую описательный характер, автор не стремится выдвигать гипотезы для объяснения причин получаемых результатов. Хотелось бы в качестве пожелания высказать надежду, что в будущем подробный анализ наблюдаемых эффектов на основе сравнения с литературными источниками, проведение дополнительных экспериментов, несомненно, сможет быть источником очень полезных и интересных результатов.
- 7) В работе присутствуют досадные оформительские недочеты, например, упоминающаяся в литературном обзоре на стр. 42, статья Xin Jin в журнале *Advanced Materials* не вынесена с необходимым библиографическим описанием в список литературы, что затрудняет обращение к данному первоисточнику. На рис. 3.7 в легенде не указаны условные обозначения для частиц размером 10 и 25 нм, так же подписи отсутствуют на рис. 3.8, что делает невозможным для читателя самостоятельный анализ результатов по данным образцам.

- 8) В работе присутствуют стилистические ошибки, например, «накрепко соединить» или «нанокристаллы рассыпаются» (с.42), «зачистка шкуркой» (с.110). Кроме того, в тексте не всегда выдерживается последовательность изложения, так на стр. 70 указано, что для изготовления эмали выбрана сажа, при этом какая конкретно марка сажи из обсуждавшихся была выбрана указывается только через несколько страниц, что в целом снижает стройность повествования и удобство восприятия материала.
- 9) В работе присутствуют опечатки, в количестве, не превышающем обычно встречающееся в работах такого объёма.

Высказанные замечания не снижают общего приятного впечатления от работы и несколько не умаляют её практической важности.

Материал диссертации Страполовой В.Н. можно использовать как справочный в лекционных курсах на химических факультетах университетов и технических университетах при подготовке специалистов, бакалавров и магистров по специальности «Наноматериалы», например, в МИТХТ им. М.В. Ломоносова, РХТУ им. Д.И. Менделеева, МГУ им. М.В. Ломоносова; при проведении исследовательских работ в учреждениях Российской академии наук, например, в ИМЕТ РАН и ИОНХ РАН и прикладных институтах, например, НИЦ «Курчатовский институт»; при разработке технологий функциональных покрытий в АО «Композит», ФГУП ЦНИИКМ «Прометей», при разработке и производстве изделий космического приборостроения и оптических приборов в АО «НПП «Геофизика-Космос», ООО НПЛ «Метропир», ПАО «КМЗ», АО «ЛЗОС», АО «НИИ «Полус» им. М.Ф.Степелямаха.

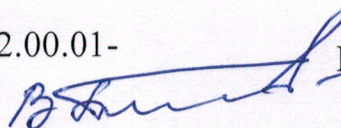
Таким образом, по актуальности, новизне, уровню выполнения, объёму, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа Страполовой В. Н. полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункты 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской

Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Страполова Виктория Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (химия и химическая технология).

Официальный оппонент

Начальник отделения перспективных разработок АО «Научно-исследовательский институт «Полнос» им. М.Ф.Стельмаха»,

кандидат химических наук (02.00.01-неорганическая химия)

 Попов Виктор Сергеевич

07.05.2018 г.

Подпись В.С. Попова удостоверяю

Учёный секретарь АО «НИИ «Полнос» им. М.Ф. Стельмаха»,
кандидат физико-математических наук, доцент



Кротов Ю.А.

Адрес: 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 1

тел.: 8 (499) 578-05-93,

e-mail: vs_popov_chem@mail.ru